

Patent Number: DE19528862
Publication date: 1997-02-06
Inventor(s): WOB BEN ALOYS (DE)
Applicant(s):: WOB BEN ALOYS (DE)
Requested Patent: ☐ DE19528862
Application
Number: DE19951028862 19950805
Priority Number(s): DE19951028862 19950805
IPC Classification: F03D11/00 ; F03D7/00 ; B64D15/18 ; F02C7/047
EC Classification: F03D1/06C, F03D11/00
Equivalents: CA2228145, CZ9800314, ☐ EP0842360 (WO9706367), B1, NO980487,
☐ WO9706367

Abstract

In order to de-ice a rotor blade of a wind driven power station with communicating cavities (9, 10), an optionally preheated heat-transfer fluid is passed through the cavities by means of electric fans. Near the root of the blade, where the blade is connected to the rotor hub, means are provided for making the heat-transfer fluid flow into at least one cavity (9) located along the leading edge of the blade. Heat-transfer fluid flow channels that interconnect adjacent cavities are arranged at the blade-tip end (12) of the chambers.



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①② **Offenlegungsschrift**
①⑩ **DE 195 28 862 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
F 03 D 11/00
F 03 D 7/00
B 64 D 15/18
F 02 C 7/047

②① Aktenzeichen: 195 28 862.9
②② Anmeldetag: 5. 8. 95
④③ Offenlegungstag: 6. 2. 97

DE 195 28 862 A 1

⑦① Anmelder:

Wobben, Aloys, 26607 Aurich, DE

⑦④ Vertreter:

Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

⑦② Erfinder:

gleich Anmelder

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

DE-PS 8 42 330

DE-AS 12 81 270

JP 55-23372 A- In: Patent Abstracts of Japan, Sect.
M, Vol. 4, 1980, Nr. 57 (M-9);

Witte, Hans: Windkraftwerke, Rudolf A. Lang Verlag
Pössneck, 1950, S. 84;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zum Enteisen eines Rotorblattes einer Windenergieanlage sowie zur Durchführung des Verfahrens
geeignetes Rotorblatt

⑤⑦ Zum Enteisen eines Rotorblattes einer Windenergieanlage, das miteinander kommunizierende Hohlräume aufweist, wird ein gegebenenfalls zuvor erwärmtes Wärmeträgermedium durch die Hohlräume geleitet.

Im mit einer Rotornabe verbindbaren Fußbereich des Rotorblattes sind Mittel zur Einleitung eines Wärmeträgermediums in zumindest einen blattnasenseitigen Hohlraum vorgesehen.

Im blattspitzenseitigen Endbereich der Kammern befinden sich wärmeträgermediumleitende, zueinander benachbarte Hohlräume verbindende Strömungswege.

DE 195 28 862 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Enteisen eines Rotorblattes einer Windenergieanlage, das miteinander kommunizierende Hohlräume aufweist. Die Erfindung bezieht sich auch auf ein zur Durchführung des Verfahrens vorteilhaft geeignetes Rotorblatt.

Der Eisansatz an den Oberflächen von Rotorblättern einer Windenergieanlage kann zu unerwünschten Unwuchten mit den sich daraus ergebenden mechanischen Belastungen der Anlage, aber auch zu aerodynamischen Störungen führen, die sich nachteilig auf die Leistung der Anlage auswirken können. Darüber hinaus stellt eine bei laufender Anlage sich bildende Vereisung eine Unfallgefahr dar, weil das Eis abplatzen kann und dann Eisbrocken unter Umständen weit in die Umgebung der Anlage geworfen werden.

Windenergieanlagen sollen mit möglichst geringen Kosten erstellt und mit hohem Nutzen betrieben werden. Zusätzliche Maßnahmen zur Verhinderung einer Vereisung sollen sich zwar möglichst nicht, weder auf die Erstellungskosten noch auf den Nutzen, nachteilig auswirken, jedoch läßt sich aufgrund eines dafür notwendigen Konstruktions- und Bauaufwandes eine Auswirkung auf die Erstellungskosten kaum vermeiden. Besondere Probleme konstruktiver Art bereiten diesbezüglich die zu Eisansatz neigenden Rotorblätter, da sie sich gegenüber feststehenden Bauteilen der Anlage bewegen und deshalb Übergänge zwischen stillstehenden und beweglichen Teilen der Windenergieanlage konstruktiv berücksichtigt und sicher beherrscht werden müssen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein in konstruktiver Hinsicht möglichst einfaches und damit kostengünstiges, dabei jedoch effektives Verfahren zur Vermeidung der sich aus Vereisungen der Rotorblätter ergebenden Nachteile zu finden, sowie ein entsprechendes, dafür geeignetes Rotorblatt zu schaffen.

Diese Aufgabe ist bei einem Rotorblatt der vorbeschriebenen Gattung erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein gegebenenfalls zuvor wenig, und zwar auf etwa $+1^{\circ}\text{C}$ bis $+5^{\circ}\text{C}$ erwärmtes Wärmeträgermedium durch die Hohlräume geleitet wird.

Bei Außentemperaturen um den Gefrierpunkt, zum Beispiel von $+2^{\circ}$ bis -5°C und auch nur dann wenn der Luftfeuchtegehalt der Luft entsprechend hoch ist, können sich Vereisungen bilden. Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt mit Vorteil aus, daß am Rotorblatt angesetztes Eis eine Isolationsschicht zwischen der Blattoberfläche und der Umgebungsluft bildet. Dadurch ist es mit relativ wenig Wärmeleistung möglich, die vereiste Oberfläche der jeweiligen Blattwand soweit anzuwärmen, daß das Eis antaut und selbsttätig vom Rotorblatt abfällt. Für die erfindungsgemäße Enteisung wird das Rotorblatt nicht beheizt, d. h. eine Vereisung wird nicht generell verhindert, sondern es wird bereits entstandenes Eis wieder entfernt.

Vereisungen eines Rotorblattes entstehen insbesondere an der der Laufrichtung zugekehrten Blattnasen-Kante sowie der äußeren Blattspitze. Erfindungsgemäß wird deshalb so vorgegangen, daß das erwärmte Wärmeträgermedium nach Durchströmen eines blattnasenseitigen Hohlraumes mit entsprechender Wärmeabgabe an Bereiche der Blattwand in einen dazu benachbarten Hohlraum, vorzugsweise einen blatt hinterkantenseitigen Hohlraum, gelenkt und daraus abgeleitet wird.

Sind in den Rotorblättern parallel zur Blattlängsachse verlaufende Versteifungsschotten vorhanden, können

diese besonders vorteilhaft genutzt werden, um Strömungswege für einzuleitendes Wärmeträgermedium auszubilden, das zunächst durch den blattnasenseitigen Hohlraum strömt und dort seine Wärme an die Blattwand, insbesondere die Blattnase abgibt, um daran angesetztes Eis anzutauen. Danach kann das Wärmeträgermedium auch noch weitere Hohlräume durchströmen, in die es nacheinander geleitet wird, bevor eine Ableitung erfolgt. Selbstverständlich können kommunizierende Hohlräume auch durch z. B. eingebettete oder eingebaute Rohre, Rohrstücke und dergleichen ausgebildet sein.

Mit besonderem Vorteil wird das Wärmeträgermedium in einem mit einer Rotornabe verbindbaren Fußbereich des Rotorblattes eingeleitet und im Bereich der Rotorblattspitze in den entsprechenden Hohlraum, nämlich eine blatt hinterkantenseitige Kammer umgelenkt und wieder zum Fußbereich abgeleitet. Damit ist auf einfachste Weise eine Zirkulation des Wärmeträgermediums innerhalb des Rotorblattes gegeben. Dabei kann als Wärmeträgermedium die im Rotorblatt befindliche Luft verwendet werden. Denkbar ist es jedoch auch, Rotorblätter mit speziellen, zweckdienlicheren Eigenschaften als Luft aufweisenden Gasen oder Dämpfen zu füllen, die beispielsweise in Temperaturbereichen, in denen die Gefahr des Eisansatzes besteht, Kondensationswärme freisetzen können, um den Energieaufwand für eine gegebenenfalls notwendige Erwärmung des im Rotorblatt zirkulierenden Wärmeträgermediums zu verringern. Ein elektrisch nicht leitendes Wärmeträgermedium wie Luft ist darüber hinaus vorteilhaft hinsichtlich des Blitzschutzes für die Windenergieanlage, im Gegensatz zu elektrischer Beheizung über zum Beispiel Widerstandsdrähte.

Um das abgeleitete Wärmeträgermedium nach seinem Abströmen aus dem letzten Hohlraum, der blatt hinterkantenseitigen Kammer, gegebenenfalls einer Aufwärmung zu unterwerfen und anschließend erneut in den ersten Hohlraum die blattnasenseitige Kammer einzuleiten, können zur Erzeugung und Aufrechterhaltung der Wärmeträgermedium-Zirkulation im Rotorblatt elektrische Gebläse sowie in der erzeugten Strömung des Wärmeträgermediums angeordnete Heizelemente verwendet werden.

Da die Gebläse sowie die gegebenenfalls in die Gebläse integrierten Heizelemente in den Fußbereich des Rotorblattes angeordnet sind, sitzen sie mit Vorteil in der Nähe der Rotationsachse und laufen demzufolge mit geringer Umfangsgeschwindigkeit um, so daß statische und dynamische Beeinträchtigungen durch den Einbau der Gebläse sowie der Heizelemente praktisch vernachlässigbar sind. Daraus ergibt sich insbesondere der Vorteil, daß bereits konstruierte und gefertigte Rotorblätter, die sich im Einsatz bewährt haben, in konstruktiver Hinsicht nicht wesentlich abgeändert werden müssen, um die erfindungsgemäße Enteisung nutzen zu können. Elektrische Gebläse sowie Heizelemente mit entsprechend geringer Leistung, die voll ausreichen, die Zirkulation der erwärmten Luft durch die Hohlräume bzw. Kammern im Rotorblatt aufrechtzuerhalten, weisen geringe Bauabmessungen auf und sind als industrielle Serienteile erhältlich.

Die elektrischen Zuleitungen zu den im Rotorblatt installierten elektrischen Gebläsen sowie den zugeordneten Heizelementen sind ebenfalls einfach ausführbar. Die benötigte elektrische Energie ist relativ gering.

Damit bei auftretender Eisbildung an Rotorblättern der Windenergieanlage die Enteisung selbsttätig ablauf-

fen kann, ist nach einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, daß bei laufender Windenergieanlage Vibrationen aufgrund von Unwuchten, die durch Eisbildung an den Rotorblättern entstehen, meßtechnisch erfaßt und in ein Schaltsignal zur Stilllegung des Rotors der Windenergieanlage sowie zur Inbetriebsetzung der Wärmeträgermedium-Zirkulation in den Rotorblättern und gegebenenfalls der zugeordneten Heizelemente umgesetzt werden, daß, nach einer vorbestimmten Wirkzeit der Zirkulation und der Heizelemente, die Windenergieanlage wieder eingeschaltet wird und daß die Vorgänge gegebenenfalls so oft wiederholt werden, bis die Windenergieanlage aufgrund erfolgter Enteisung vibrationsfrei läuft.

Es können Maßnahmen getroffen werden, daß Außen-temperatur, Temperatur des Wärmeträgermediums, Rotordrehzahl, Windgeschwindigkeit und Vibrationen mit entsprechenden Sensoren erfaßt und in einer programmgesteuerten Automatik zu entsprechenden, eine Enteisung einleitenden und steuernden Schaltsignalen verarbeitet werden.

Ein zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignetes Rotorblatt, für welches auch selbständiger Schutz beansprucht wird, das miteinander kommunizierende Hohlräume aufweist, zeichnet sich dadurch aus, daß es mit einer Rotornabe verbindbaren Fußbereich des Rotorblattes Mittel zur Einleitung eines Wärmeträgermediums in zumindest einen blattnasenseitigen Hohlraum vorgesehen sind, und daß sich im blattspitzenseitigen Endbereich der Kammern wärmeträgermediumleitende, zueinander benachbarte Hohlräume verbindende Strömungswege befinden.

Bei einem erfindungsgemäßen Rotorblatt können die Hohlräume dadurch gebildet sein, daß ein von einer äußeren Blattwand umschlossener Blatt-Innenraum durch wenigstens ein parallel zur Blattlängsachse verlaufendes Versteifungsschott in Kammern, zumindest eine blattnasenseitige Kammer und eine blathinterkantenseitige Kammer geteilt ist.

Die verbindenden Strömungswege können einfache Durchbrüche in den die Hohlräume bzw. Kammern abteilenden Versteifungsschotten sein. Wird in die blattnasenseitige Kammer im Fußbereich des Rotorblattes Wärmeträgermedium eingeleitet, strömt dieses in der blattnasenseitigen Kammer bis zu dessen blattspitzenseitigen Endbereich und tritt dort in die jeweils benachbarte Kammer, vorzugsweise die blathinterkantenseitige Kammer über, in der es zum Beispiel zum Fußbereich des Rotorblattes zurückströmen kann.

Selbstverständlich ist es auch möglich, die Strömungswege im Rotorblatt im Bereich seiner Blattspitze so auszubilden, daß das Wärmeträgermedium den gesamten blattspitzenseitigen Endbereich des Innenraums des Rotorblattes umspült.

Die Mittel zur Einleitung eines Wärmeträgermediums umfassen wenigstens ein elektrisches Gebläse mit integrierten Heizelementen, wobei die Saugseite jedes Gebläses an einen zuletzt durchströmten Hohlraum, die blathinterkantenseitige Kammer, und die Druckseite jedes Gebläses an den ersten Hohlraum, die blattnasenseitige Kammer angeschlossen sind.

Elektrische Gebläse mit integrierten Heizelementen können mit Vorteil so gering dimensioniert werden, daß sie problemlos, auch in Mehrfachanordnung, in einem Innenraum eines Rotorblattes und zwar in dessen Fußbereich, eingebaut werden können. Die Leistung auch kleinster elektrischer Gebläse dürfte ausreichen, um eine Luftzirkulation durch die Hohlräume im Rotorblatt

in Gang zu setzen und aufrechtzuerhalten. Als Heizelemente lassen sich einfache Widerstandsheizungen mit Heizwendeln oder dergleichen einsetzen, die in jedes Gebläse integriert werden. Falls sich herausstellt, daß die Leistung eines elektrischen Gebläses mit Heizelementen nicht ausreicht, können auch mehrere entsprechend gering dimensionierte Gebläse mit jeweils integrierten Heizelementen zu einem Einbausatz zusammengefaßt werden, so daß sich die Leistungen der Gebläse addieren.

Damit eine optimale Zirkulation im Innenraum eines Rotorblattes gewährleistet ist, ist die dem Fußbereich des Rotorblattes zugekehrte Endseite des blattnasenseitigen Hohlraumes mit einem Verschußdeckel gegenüber dem zum blathinterseitigen Hohlraum hin offenen Innenraum dichtsetzbar.

Der Verschußdeckel kann mit besonderem Vorteil als Träger für die elektrischen Gebläse mit Heizelementen genutzt werden, indem er wenigstens einen Durchbruch aufweist, in den ein Schachtteil mit darin aufgenommenem Gebläse eingesetzt ist.

Dabei ist jedes Schachtteil so in einen Durchbruch des Verschußdeckels gesetzt, daß es zur Blattnasenkannte hin geneigt ist und in die blattnasenseitige Kammer vorsteht. Damit ist der bei Betrieb des Gebläses erzeugte Luftaustritt zur Blattnase gelenkt und befindet sich in vorteilhafter Entfernung vom Fußbereich des Rotorblattes, wodurch dessen unerwünschte Aufwärmung während der Enteisung vermieden wird. Als Schachtteile können zum Beispiel Schläuche verwendet werden.

Wärmeverluste lassen sich desweiteren noch dadurch reduzieren, daß im Übergangsbereich zwischen dem fußbereichsseitigen Ende des Rotorblattes und einem dem Anschluß an eine Rotornabe dienendem Blattadapter eine Innenraumauskleidung aus isolierenden Werkstoffen vorgesehen ist. Die Innenraumauskleidung kann zum Beispiel eine in das fußbereichsseitige Ende des Rotorblattes formschlüssig eingesetzte Schaumstoffplatte sein, die etwa parallel zum Verschußdeckel steht.

Ist der Verschußdeckel ebenfalls aus isolierendem Werkstoff gebildet, ist der Innenraum auf der Saugseite der Gebläse weitgehend isoliert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, aus dem sich weitere erfinderische Merkmale ergeben, ist in der Zeichnung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 den Fußbereich eines Rotorblattes im Längsschnitt

Fig. 2 eine Ansicht eines Rotorblattes im Schnitt entlang der Linie II-II in Fig. 1

Fig. 3 eine Ansicht des Rotorblattes im Schnitt entlang der Linie III-III in Fig. 3 und

Fig. 4 ein Schaltschema für eine automatische Steuerung der Enteisung.

In Fig. 1 ist der untere Teil eines Rotorblattes, sein Fußbereich, in einem schematischen Längsschnitt dargestellt. Der Pfeil 1 gibt die Anströmungsrichtung an, wodurch die Blattnasen-Kante 2 des Rotorblattes verdeutlicht wird. Die Blathinterkante ist mit 3 bezeichnet.

Dem Anschluß des Rotorblattes an eine nicht weiter dargestellte Rotornabe dient ein Blattadapter 4, an den wiederum das fußbereichsseitige Ende des Rotorblattes angesetzt ist. Im Übergangsbereich zwischen dem fußbereichsseitigen Ende und dem Blattadapter 4 ist eine Schaumstoffplatte 5 eingesetzt.

Das Rotorblatt ist hohl ausgebildet und der von der äußeren Blattwand 6 umschlossene Innenraum 7 ist durch wenigstens ein parallel zur Blattlängsachse verlaufendes Versteifungsschott 8 bzw. 8a, 8b in Kammern,

zumindest eine blattnasenseitige Kammer 9 und eine blathinterkantenseitige Kammer 10, geteilt. Das Versteifungsschott 8a endet kurz vor der Rotorblattspitze 11. Durch den Pfeil 12 ist hier verdeutlicht, daß eine Durchgangsverbindung von der blattnasenseitigen Kammer 9 zur blathinterkantenseitigen Kammer 10 im Bereich der Blattspitze 11 im Rotorblatt gegeben ist.

Die dem Fußbereich des Rotorblattes zugekehrte Endseite der blattnasenseitigen Kammer 9 und bei diesem Ausführungsbeispiel auch der danebenliegenden, funktionslosen Kammer, die sich zwischen den Versteifungsschotten 8 und 8a befindet, ist mit einem Verschußdeckel 13 gegenüber dem zur blathinterkantenseitigen Kammer 10 hin offenen Innenraum 7 dichtgesetzt.

Der Verschußdeckel dient als Träger für Schachtteile 14, 15, die zur Blattnasenkante 2 hin geneigt sind und in die blattnasenseitige Kammer 9 vorstehen.

In jedem Schachtteil ist ein Gebläse 16 bzw. 16' mit integriertem Heizelement angeordnet. Mit 17 ist eine hier lediglich angedeutete elektrische Zuleitung zur Versorgung der Gebläse und der Heizelemente bezeichnet.

Fig. 3 zeigt eine Ansicht des Fußbereiches des Rotorblattes in einem Schnitt entlang der Linie III-III in Fig. 1. Gleiche Bauteile sind wieder mit gleichen Bezugszahlen bezeichnet.

Fig. 2 zeigt eine Ansicht des Rotorblattes im Schnitt entlang der Linie II-II in Fig. 1. Gleiche Bauteile sind mit gleichen Bezugszahlen wie in Fig. 1 bezeichnet.

Fig. 3 verdeutlicht, daß der Verschußdeckel 13 als Träger für insgesamt vier Schachtteile 14, 15, bzw. 14', 15' dient. Die Schachtteile 14, 15 bzw. 14', 15' mit den Gebläsen sind in einem Montageeinsatz 18 befestigt, der wiederum als Einheit in einen entsprechenden Durchbruch 19 im als Träger für den Montageeinsatz 18 dienenden Verschußdeckel 13 formschlüssig einpassbar ist.

Fig. 4 zeigt ein schematisches Schaltdiagramm für eine Ausführungsmöglichkeit einer Steuerung der Enteisung von drei Rotorblättern eines Rotors einer Windenergieanlage. Jedes Rotorblatt 19, 20 und 21 ist durch ein durch gestrichelte Linien gezeichnetes rechteckiges Feld versinnbildlicht und entspricht in seiner Ausbildung einem Rotorblatt gemäß den Fig. 1 bis 3. In jedes Rotorblatt sind Sensoren 22, 23 bzw. 24 zur Erfassung der Temperatur eines Wärmeträgermediums eingebaut. In jedes Rotorblatt 19, 20 bzw. 21 sind ebenfalls elektrische Gebläse 25, 26 bzw. 27 eingesetzt (entsprechend Gebläse 16 und 16' in Fig. 1), die jeweils mit zugeordneten Heizelementen 28, 29 bzw. 30 in einer Baueinheit zusammengefaßt sind, wobei die Baueinheiten Mittel zur Einleitung eines Wärmeträgermediums in jeweils die blattnasenseitige Kammer des Innenraums jedes Rotorblattes bilden, dessen Temperaturen jeweils von den Sensoren 22, 23 bzw. 24 erfaßt werden. Die Messung der Temperatur des Wärmeträgermediums im Rotorblatt mit den Sensoren 22, 23 bzw. 24 dient der Funktionsüberwachung der Gebläse 25, 26, 27 sowie der Heizelemente 28, 29 und 30 sowie dem Schutz der Rotorblätter gegen Überhitzung.

Die Temperaturen werden von einer programmgesteuerten Automatik 31 abgefragt. Die programmgesteuerte Automatik 31 erfaßt auch über einen Sensor 32 die Außentemperatur sowie mit Sensor 33 die Windgeschwindigkeit, mit Sensor 34 die Rotordrehzahl und mit Sensor 35 Vibrationen, zum Beispiel Turmschwingungen.

Sobald die Windgeschwindigkeit für den Betrieb der Anlage ausreicht und die Außentemperatur in einem Bereich liegt, in dem Eisbildung an den Rotorblättern möglich ist, werden die Heizelemente und Gebläse umfassenden Einheiten in jedem Rotorblatt durch die Automatik eingeschaltet. Nach einer bestimmten Zeit wird die Windenergieanlage dann gestartet. Sollte durch ungleichmäßige Enteisung der Rotorblätter eine Unwucht im Rotor gegeben sein, so wird die daraus resultierende Vibration bei drehendem Rotor durch Messung der Turmschwingungen erkannt, die Anlage abgeschaltet und die Enteisung der Blätter bei stehendem Rotor wiederholt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Enteisen eines Rotorblattes einer Windenergieanlage, das miteinander kommunizierende Hohlräume aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß ein gegebenenfalls zuvor erwärmtes Wärmeträgermedium durch die Hohlräume geleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erwärmte Wärmeträgermedium nach Durchströmen eines blattnasenseitigen Hohlraumes (Kammer 9) mit entsprechender Wärmeabgabe an Bereiche der Blattwand in einen dazu benachbarten Hohlraum, vorzugsweise einen blathinterkantenseitigen Hohlraum (Kammer 10), gelenkt und daraus abgeleitet wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmeträgermedium in einen mit einer Rotornabe verbindbaren Fußbereich des Rotorblattes in den blattnasenseitigen Hohlraum (Kammer 9) eingeleitet und im Bereich der Rotorblattspitze (11) in den blathinterkantenseitigen Hohlraum (Kammer 10) umgelenkt und wieder zum Fußbereich abgeleitet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Wärmeträgermedium die im Rotorblatt befindliche Luft verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das abgeleitete Wärmeträgermedium nach seinem Abströmen aus dem zuletzt durchströmten Hohlraum (blathinterkantenseitigen Kammer 10) gegebenenfalls einer Aufwärmung unterworfen und anschließend erneut in den blattnasenseitigen Hohlraum (Kammer 9) eingeleitet wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung der Wärmeträger-Zirkulation im Rotorblatt elektrische Gebläse (16, 16' bzw. 25, 26, 27) sowie in der erzeugten Luftströmung angeordnete Heizelemente (28, 29, 30) verwendet werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei laufender Windenergieanlage Vibrationen aufgrund von Unwuchten, die durch Eisbildung an den Rotorblättern entstehen, meßtechnisch erfaßt und in ein Schaltsignal zur Stilllegung des Rotors der Windenergieanlage sowie zur Inbetriebsetzung der Wärmeträgermedium-Zirkulation in den Rotorblättern und gegebenenfalls er zugeordneten Heizelemente (28, 29, 30) umgesetzt werden, daß, nach einer vorbestimmten Wirkzeit der Zirkulation und der Heizelemente (28, 29, 30), die Windenergieanlage

ge wieder eingeschaltet wird und daß die Vorgänge gegebenenfalls so oft wiederholt werden, bis die Windenergieanlage aufgrund erfolgter Enteisung vibrationsfrei läuft.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß Außentemperatur, Temperatur des Wärmeträgermediums, Rotordrehzahl, Windgeschwindigkeit und Vibrationen mit entsprechenden Sensoren (32; 22; 23; 24; 34; 33; 35) erfaßt und in einer programmgesteuerten Automatik (31) zu entsprechenden, eine Enteisung einleitenden und steuernden Schaltsignalen verarbeitet werden.

9. Rotorblatt einer Windenergieanlage, das miteinander kommunizierende Hohlräume aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß im mit einer Rotornabe verbindbaren Fußbereich des Rotorblattes Mittel zur Einleitung eines Wärmeträgermediums in zumindest einen blattnasenseitigen Hohlraum (Kammer 9) vorgesehen sind, und daß sich im blattspitzenseitigen Endbereich der Kammern (9, 10) wärmeträgermediumleitende, zueinander benachbarte Hohlräume (Kammern 9, 10) verbindende Strömungswege (12) befinden.

10. Rotorblatt nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein von einer äußeren Blattwand umschlossener Blatt-Innenraum durch wenigstens ein parallel zur Blattlängsachse verlaufendes Versteifungsschott in Kammern (9, 10) zumindest eine blattnasenseitige Kammer (9) und eine blatt hinterkantenseitige Kammer (10) geteilt ist.

11. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Einleitung eines Wärmeträgermediums wenigstens ein elektrisches Gebläse (16, 16' bzw. 25, 26, 27) mit integrierten Heizelementen (28, 29, 30) umfassen, und daß die Saugseite jedes Gebläses (16, 16' bzw. 25, 26, 27) an den blatt hinterkantenseitigen Hohlraum (Kammer 10) und die Druckseite jedes Gebläses (16, 16' bzw. 25, 26, 27) an den blatt nasenseitigen Hohlraum (Kammer 9) angeschlossen ist.

12. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 9, 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Fußbereich des Rotorblattes zugekehrte Endseite des blatt nasenseitigen Hohlraumes (Kammer 9) mit einem Verschlußdeckel (13) gegenüber dem zum blatt hinterkantenseitigen Hohlraum (Kammer 10) hin offenen Innenraum (7) dichtgesetzt ist.

13. Rotorblatt nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Verschlußdeckel (13) wenigstens einen Durchbruch aufweist, in den ein Schachtteil (14, 15; 14', 15') mit darin aufgenommenem Gebläse (16, 16' bzw. 25, 26, 27) mit Heizelementen (28, 29, 30) angeordnet ist.

14. Rotorblatt nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Schachtteil (14, 15; 14', 15') zur Blatt nasenkante (2) hin geneigt und in den blatt nasenseitigen Hohlraum (Kammer 9) vorsteht.




15. Rotorblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Übergangsbereich zwischen dem fußbereichsseitigen Ende des Rotorblattes und einem dem Anschluß an eine Rotornabe dienenden Blattadapter (4) eine Innenraumauskleidung aus isolierenden Werkstoffen vorgesehen ist.

16. Rotorblatt nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenraumauskleidung eine in das fußbereichsseitige Ende des Rotorblattes formschlüssig eingesetzte Schaumstoffplatte (5) ist, die

etwa parallel zum Verschlußdeckel (13) steht.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Nummer: 
Int. Cl.⁶: 
Offenlegungstag: 

DE 195 28 862 A1
F 03 D 11/00
6. Februar 1997

Fig.2

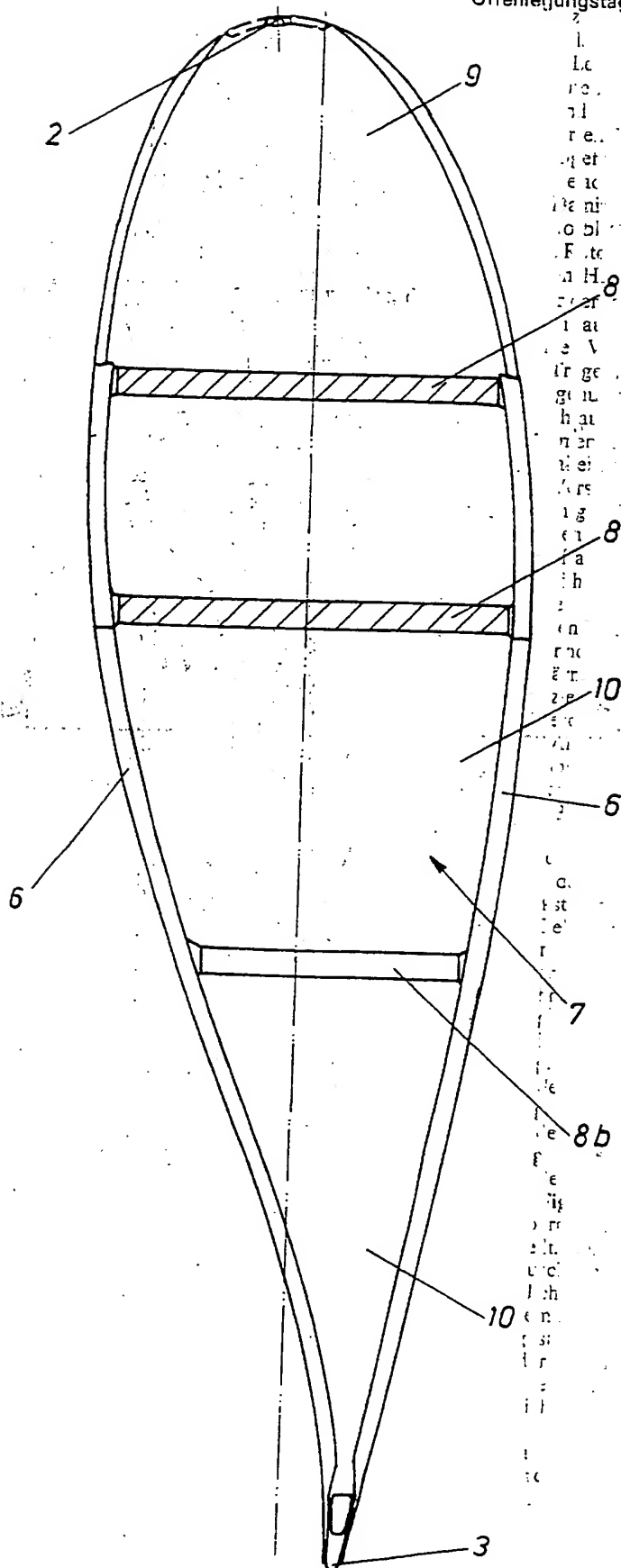


Fig 3

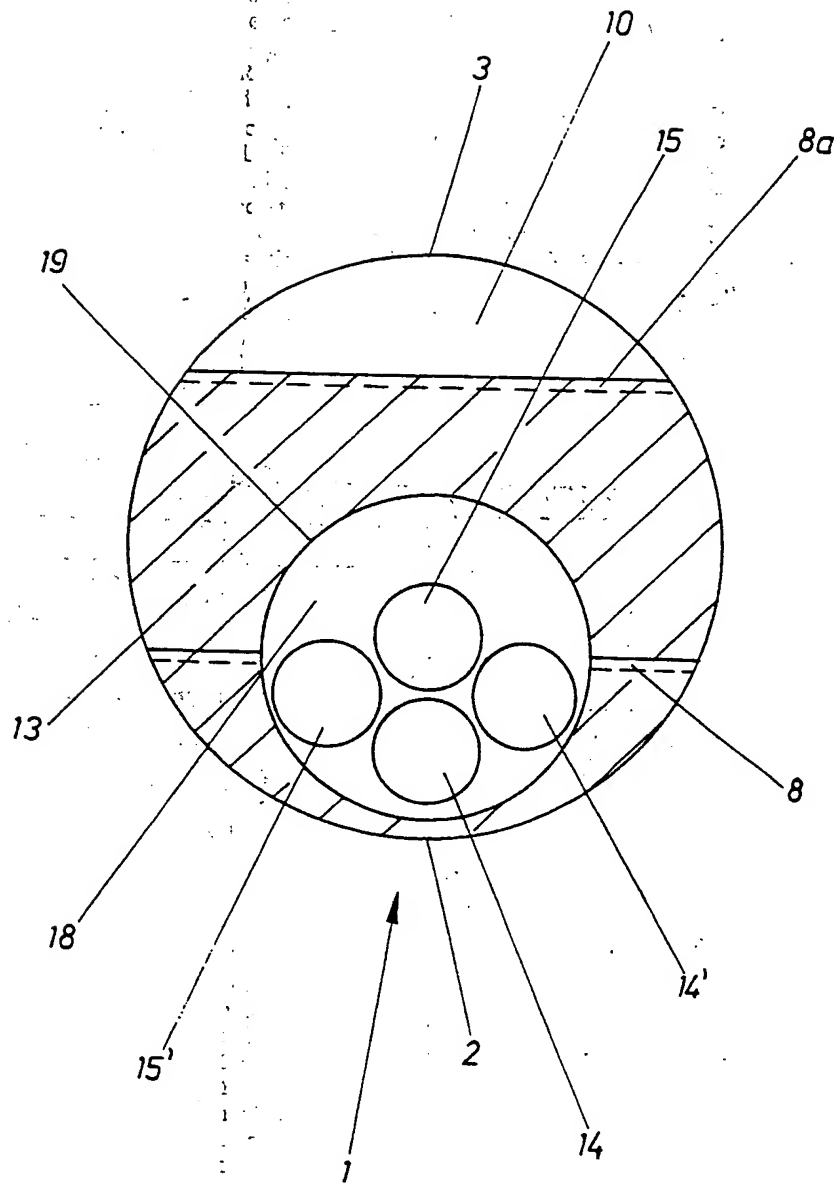


Fig. 4

